

Aus der
Klinik für Allgemeine-, Unfall-, Hand- und Plastische
Chirurgie
der Ludwig-Maximilians-Universität München Campus
Innenstadt
Direktor: Prof. Dr. med. W. Böcker

**Der Stellenwert mechanischer Thoraxkompressionsgeräte
im Rahmen der präklinischen cardiopulmonalen Reanimation
und deren Verbreitung und Anwendung
im bayerischen Rettungsdienst**

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig- Maximilians- Universität zu München

Vorgelegt von:
Johannes Peter Luxen
aus Landau in der Pfalz
2016

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität
München

Berichterstatter:	Prof. Dr. med. Karl- Georg Kanz
Mitberichterstatter:	Priv. Doz. Dr.med.Ines Kaufmann Prof. Dr. med. Peter Conzen
Mitbetreuung durch den promovierten Mitarbeiter:	Dr. med. Thorsten Kohlmann
Dekan:	Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel
Tag der mündlichen Prüfung:	18. Februar 2016

Meinen Eltern und Miriam gewidmet

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	IV
1 Einleitung.....	1
1.1 Mechanische Thoraxkompressionsgeräte auf dem deutschen Medizinproduktemarkt.....	4
1.2 Leitlinienaussagen zu mechanischen Thoraxkompressionsgeräten	6
2 Material und Methode.....	9
2.1 Systematisches Literaturreview	9
2.2 Onlinefragebogen zur Anwendung mechanischer Thoraxkompressionsgeräte in Bayern	10
3 Ergebnisse	16
3.1 Ergebnisse des systematischen Literaturreviews	16
3.1.1 Übersichtsarbeiten und Reviews	20
3.1.2 Cochraneanalyse zum neurologischen Outcome nach mCPR	24
3.2 Ergebnisse der Onlineumfrage unter den ÄLRD der bayerischen Rettungsdienstbereiche zu mCPR.....	32
4 Diskussion.....	42

4.1	Einbindung von mCPR-Geräten in bestehende Reanimationsrichtlinien	46
4.2	Höhere Qualität der Thoraxkompressionen unter Transportbedingungen	49
4.3	Anwendung der mCPR im bayerischen Rettungsdienst	53
5	Zusammenfassung.....	61
6	Literaturverzeichnis.....	65
7	Eidesstattliche Versicherung	71
8	Danksagung	72

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Fragebogen der Onlineumfrage zu mCPR in Bayern.....	12
Abbildung 2: Verteilung der mechanischen Thoraxkompressionsgeräte in bayerischen RDB.....	32
Abbildung 3: Reanimationen pro RDB im Jahr	33
Abbildung 4: mCPR Anteil aller Reanimationen pro RDB	34
Abbildung 5: Verteilung der mechanischen Thoraxkompressionsgeräte auf RTW/ NEF	35
Abbildung 6: Verteilung der mechanischen Thoraxkompressionsgeräte auf RTW/NEF	35
Abbildung 7: Verteilung der mechanischen Thoraxkompressionsgeräte in der Vorhaltung	37
Abbildung 8: Gibt es ein Schulungskonzept zur mCPR?	40
Abbildung 9: Anteil der mit ROSC in eine Klinik eingelieferten Patienten nach CPR	44
Abbildung 10: Boussignac CPR System (Fa. Vygon).....	58

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Leistungsmerkmale verschiedener mech. Thoraxkompressionsgeräte.....	5
Tabelle 2: Eingeschlossene Studien des systematischen Literaturreviews	29

Abkürzungsverzeichnis

ACS	Akutes koronar Syndrom
AHA	American Heart Association
ÄLRD	Ärztlicher Leiter Rettungsdienst
BLS®	Basic life support®
BRK	Bayerisches Rotes Kreuz
CPC	Cerebral-Performance-Category
CPR	Cardio-pulmonale Reanimation
ERC	European Resuscitation Council
HDM	Herzdruckmassage
HvO	Helfer vor Ort
i.v.	intravenös
LUCAS® System	Lund University Cardiopulmonary Assist

LoE	Level of evidence
mCPR	maschinelle Cardio-pulmonale Reanimation
OHCA	Außerklinischer Herzkreislaufstillstand
PEA	Pulslose elektrische Aktivität
pVT	Pulslose ventrikuläre Tachykardie
RDB	Rettungsdienstbereich
ROSC	Return of spontaneous circulation
VF	Kammerflimmern

1 Einleitung

Bis heute ist die Mortalität bei Patienten die einen außerklinischen Herzkreislaufstillstand erleiden sehr hoch. Die Gesamtüberlebensraten bis zur Klinikentlassung liegen bei etwa 8 %, wenn bereits durch Zeugen des Kreislaufstillstands Reanimationsmaßnahmen eingeleitet wurden; ist dies nicht der Fall, sinkt die Gesamtüberlebensrate auf 5,2% [5]. Doch dabei wurde die Frage, nach einem guten neurologischen Outcome, das es den Betroffenen ermöglicht ein uneingeschränktes Leben zu führen nicht beantwortet. Beobachtet man das Gesamtüberleben nach außerklinischen Reanimationen in unterschiedlichen Regionen, so variiert die Überlebensrate, wie Nichols et al. es für 10 Nordamerikanische Gegenden feststellen konnten, signifikant zwischen 7,7 und 39,9% [22]. Die Autoren führen dies, neben der Bevölkerungsstruktur der untersuchten Regionen vor allem auf die Bereitschaft der Beobachter des Kreislaufstillstands zu unmittelbaren, suffizienten Reanimationsmaßnahmen, aber auch auf sehr heterogene Eintreffzeiten des professionellen Rettungsdienstes und der Ausbildung des

Rettungsdienstpersonals im Advanced-Cardiac-Life-Support (ALS) zurück. Hohnhaus geht in seiner Untersuchung von außerklinischen Herzkreislaufstillständen sogar noch weiter und bezog die Kliniken, in die die Patienten nach Wiedererlangen eines Spontankreislaufs eingeliefert wurden mit ein. Er kommt zu dem Ergebnis, dass Patienten, die in einer Klinik höherer Versorgungsstufe behandelt wurden, die auch zugleich mehr Versorgung im Jahr durchführte, eine signifikant höhere Überlebensrate hatten als Patienten, die in einer Klinik niedriger Versorgungsstufe behandelt wurden [20].

Damit wird deutlich wie multifaktoriell das Überleben eines außerklinischen Herzkreislaufstillstands beeinflusst wird.

Mechanische Thoraxkompressionsgeräte können dabei, besonders unter Berücksichtigung der oftmals äußerst ungünstigen äußeren Bedingungen einer außerklinisch durchgeführten Reanimation zumindest eine qualitativ hochwertige Herzdruckmassage gewährleisten, weil sie ein kontinuierliches, effektives Pumpvolumen generieren und dadurch einen guten zerebralen und koronaren Perfusionsdruck erzeugen können [19].

Dabei ist es für die Bewertung des möglichen Nutzens von mechanischen Thoraxkompressionsgeräten im Einsatz bei der außerklinischen Reanimation eine der wichtigsten Fragen, ob durch deren Einsatz das Gesamtüberleben im Sinne eines guten neurologischen Behandlungsergebnisses zu erreichen ist.

Um diese Frage zu beantworten wurde zunächst eine systematische Literaturrecherche bezüglich dieser Fragestellung zum Wert mechanischer Thoraxkompressionsgeräte in der präklinischen Notfallmedizin durchgeführt. Im zweiten Schritt sollte eruiert werden wie viele mechanische Thoraxkompressionsgeräte bereits im bayerischen Rettungsdienst vorgehalten und eingesetzt werden und ob es Konzepte zur Implementierung in eine leitliniengerechte Reanimation gibt, bzw. ob es dementsprechende Schulungskonzepte vorliegen.

1.1 Mechanische

Thoraxkompressionsgeräte auf dem deutschen Medizinproduktemarkt


Die wichtigsten mechanischen Reanimationssysteme auf dem deutschen Markt sind:

- ANIMAX MONO® der Fa. AAT Alber Antriebstechnik GmbH, bei dem es sich um ein mit Muskelkraft über einen Hebel angetriebenes mechanisches Stempelgerät (piston-driven, PD-CPR) mit optionaler Beatmungshilfe (30:2) handelt.
- AutoPulse® der Fa. Zoll; ein Thorax umspannendes Band, das elektromechanisch zusammengezogen wird (load-distributing-band, LDB-CPR).
- LUCAS® und LUCAS 2® (Lund University Cardiac Assist System) der Fa. Physio-Control Inc.; ein mechanisches Stempelgerät (piston-driven, PD-CPR).

Eine Übersicht zu den Details der verschiedenen Geräte ist in Tab. 1 zusammengestellt.

Als weiteres Gerät findet sich das Corpuls-CPR der Fa. GS Elektromedizinische Geräte GmbH; ein elektromechanisches Stempelgerät (piston-driven), das jedoch noch nicht am Markt verfügbar ist und zu dem auch bislang keine publizierten Studien vorliegen. Die Erwähnung erfolgt hier um Vollständigkeit zu wahren.

Tabelle 1: Leistungsmerkmale verschiedener mech. Thoraxkompressionsgeräte

				
	Animax mono*	AutoPulse*	LUCAS*	LUCAS 2*
Hersteller	ATT Alber Antriebstechnik GmbH	Zoll	Jolife/ PhysioControl Inc.	Jolife/ PhysioControl Inc.
Kompres-sionen/ min	manuell	80	90-110	100
Druckpunkt	Sternummitte	Gesamter Thorax	Sternummitte	Sternummitte
Drucktiefe	5-6 cm	Verringer-ung der anterior-posterioren Brustkorbtiefe um 20 %	4-5 cm	5 cm
Verhältnis Kompres-sion/ Entlastung	manuell	1:1	1:1	1:1
Energie-quelle	manuell	Akku	Druckluft	Akku

1.2 Leitlinienaussagen zu mechanischen Thoraxkompressionsgeräten

Das Standardvorgehen der kardiopulmonalen Reanimation in Deutschland wird gegenwärtig durch die Vorgaben der ERC-Leitlinie zur kardiopulmonalen Reanimation 2010 festgelegt. Anhand der zur Zeit der Erstellung der Leitlinien verfügbaren Evidenz wurde der Einsatz mechanischer Thoraxkompressionsgeräte vom ERC wie folgt bewertet [9]: „Selbst unter besten Voraussetzungen können mit der manuellen CPR nur 30% des normalen koronaren und zerebralen Blutflusses erreicht werden. Spezielle Techniken oder der Einsatz von verschiedenen Hilfsmitteln können in ausgewählten Situationen und bei Anwendung durch gut trainierte Helfer eine Verbesserung der Hämodynamik herbeiführen oder ein besseres Kurzzeitüberleben erreichen. Dennoch erfordert jede dieser Techniken oder jedes Hilfsmittel ausreichende Ausbildung und entsprechendes Training der vorgesehenen Anwender. In der Hand einiger spezieller Gruppen können neue Techniken und deren Hilfsmittel der Standard-CPR überlegen sein. Selbst wenn sie gute Ergebnisse beim perfekt trainierten Team oder aber unter Studienbedingungen aufweisen, können sie aber bei

Anwendung im unkontrollierten klinischen Alltag zu zusätzlichen Verzögerungen sowie Unterbrechungen der Reanimationsmaßnahmen und einer insgesamt schlechteren CPR-Qualität führen.“

Diese Aussage wird so auch von den 2010 Guidelines der AHA bestätigt [10].

Obwohl in den Empfehlungen die Anwendung mechanisch durchgeführter Thoraxkompressionen als Ersatz für die manuelle CPR explizit nicht empfohlen wird [9], kommen die Geräte sowohl prä- und innerklinisch zunehmend häufig zum Einsatz. Schon früh konnte in tierexperimentellen Studien gezeigt werden, dass zerebraler und myokardialer Blutfluss unter mCPR nahezu gleiche Werte wie unter Spontankreislauf erreichen [19, 28, 34, 35]. Weiter scheinen sich durch die Anwendung dieser Systeme praktische Nebeneffekte zu bieten, wie Entlastung der Helfer durch Übernahme der körperlich anstrengenden Thoraxkompression, möglicher Zugewinn an Personalressourcen für andere Maßnahmen als Thoraxkompressionen und einer möglichen Verkürzung der Hands-off- Zeiten beim Transport. Es ist aber unklar, ob durch den Einsatz von mechanischen Reanimationshilfen

tatsächlich ein besseres Behandlungsergebnis im Sinne eines Überlebens mit gutem neurologischem Outcome erzielt werden kann.

2 Material und Methode

2.1 Systematisches Literaturreview

Es wurde eine Literaturrecherche in PUBMED® durchgeführt. Eingeschlossen wurden systematische Reviews, randomisiert kontrollierten Studien (RCTs), vergleichende Studien, klinische Studien, kontrollierte klinische Studien und Meta-Analysen bis einschließlich 5.1.2015 (Tab. 2).

Die Suche lieferte insgesamt 271 Treffer. Durch die Entfernung der doppelten Treffer (72 Doubletten) ergaben sich 199 Studien. Nach Anwendung der Filter blieben 56 Studien, die Anhand der Abstracts im Sinne der Fragestellung untersucht wurden. Danach konnten 12 Studien als relevant eingestuft werden. Zusätzlich wurden unter den gefundenen Studien jedoch noch drei aktuelle Arbeiten identifiziert die zum Zeitpunkt der Suche aufgrund ihrer Aktualität in PUBMED noch nicht verschlagwortet worden waren und die deshalb durch den Filter der verloren gingen.

Diese Studien wurden ebenfalls als relevant eingeschlossen und dem endgültigen Suchergebnis

hinzugefügt. Dadurch ergab sich eine Gesamtzahl von 15 Publikationen. Relevante Endpunkte für unsere Fragestellung waren Daten, die Aussagen zum Gesamtüberleben im Sinne eines guten neurologischen Behandlungsergebnis durch den Einsatz mechanischer Reanimationshilfen im Vergleich mit manueller Thoraxkompression bei Patienten mit schwerpunktmäßig außerklinischem Herz- Kreislaufstillstand liefern.

2.2 Onlinefragebogen zur Anwendung mechanischer Thoraxkompressionsgeräte in Bayern

Im zweiten Schritt wurde ein Onlinefragebogen mit 53 Items (Abb.1) entworfen, der an die Ärztlichen Leiter Rettungsdienst (ÄLRD) aller 26 Rettungsdienstbereiche (RDB) in Bayern verschickt wurde. Die Antworten konnte pro RDB, zur Vermeidung von Antwortüberschneidungen nur einmal durch einen ÄLRD eingegeben werden. Die Umfrage lief vom 9.9.2013 bis zum 14.10.2013. Die Limitierung dieser Umfrage lag darin, dass einige Items nur durch Schätzung beantwortet werden konnten.

Im Einzelnen wurde zunächst nach Einsatzdaten bezüglich außerklinischen Reanimationen (OHCA) pro RDB gefragt

und wie häufig dabei mechanische Thoraxkompressionsgeräte zum Einsatz gekommen sind. Des Weiteren sollte beantwortet werden auf welchen Fahrzeugen oder anderen Lokalitäten mechanische Thoraxkompressionsgeräte vorgehalten werden (Notarzteinsatzfahrzeug, Rettungswagen, Helfer vor Ort/First Responder, Feuerwehrfahrzeuge, Rettungswachen, Kliniken, bzw. sonstige Orte).

Die weiteren Fragen waren anwendungsbezogen. Dabei wurde abgefragt ob Anwendungs- oder Handlungsempfehlungen zum Einsatz der mechanischen Thoraxkompressionsgeräte vorgehalten werden, ob es zur Anwendung eine Dokumentation gibt, die ausgewertet wird und wie die Beatmung bei laufender mCPR durchgeführt wird. Außerdem sollte beantwortet werden ob spezielle Indikationen oder Kontraindikationen und Abbruchkriterien für den Einsatz der mechanischen Thoraxkompressionsgeräte ausformuliert wurden. Dann wurde abgefragt ob es für den Einsatz der mechanischen Thoraxkompressionsgeräte spezielle Schulungskonzepte gibt, bzw. wie diese ausgestaltet sind. Zuletzt konnten in

einer Freitextantwort sonstige Erfahrungen mitgeteilt werden.

Die Auswertung der Ergebnisse wurde mit Excel® 2010, Fa. Microsoft durchgeführt.

Abbildung 1: Fragebogen der Onlineumfrage zu mCPR in Bayern

- **RDB**

Q1. Rettungsdienstbereich

Q2. Wie viele Reanimationen fallen in Ihrem RDB pro Jahr (2012) an (ggf. Schätzung)?

Q3. Wie häufig wird dabei die mCPR eingesetzt (ggf. Schätzung)?

- **NEF**

Q4. Wie viele NEF werden in Ihrem RDB vorgehalten?

- **Auf wie vielen NEF halten Sie eine der folgenden mechanische Reanimations-Hilfen vor?**

Q5. LUCAS

Q6. Auto Pulse

Q7. Animax

Q8. Sonstige

- **RTW**

Q9. Wie viele RTW werden in Ihrem RDB vorgehalten?

- **Auf wie vielen RTW halten Sie eine der folgenden mechanische Reanimationshilfen vor?**

Q10. LUCAS

Q11. Auto Pulse

Q12. Animax

Q13. Sonstige

• **Wie viele mechanische Reanimationshilfen werden zusätzlich noch für den präklinischen Einsatz vorgehalten?**

• **HvO**

- Q14. LUCAS
- Q15. Auto Pulse
- Q16. Animax
- Q17. Sonstige

• **First-Responder**

- Q18. LUCAS
- Q19. Auto Pulse
- Q20. Animax
- Q21. Sonstige

• **(Werks-)Feuerwehr**

- Q22. LUCAS
- Q23. Auto Pulse
- Q24. Animax
- Q25. Sonstige

• **Rettungswache**

- Q26. LUCAS
- Q27. Auto Pulse
- Q28. Animax
- Q29. Sonstige

• **Klinik**

- Q30. LUCAS
- Q31. Auto Pulse
- Q32. Animax
- Q33. Sonstige

• **Sonstige**

- Q34. LUCAS
- Q35. Auto Pulse
- Q36. Animax
- Q37. Sonstige

- **Anwendungsempfehlungen/
Handlungsempfehlungen**

Q38. Werden gesonderte
Anwendungsempfehlungen/Handlungsempfehlungen zur Anwendung vorgehalten?

- **Wird die Anwendung der mech.
Reanimationshilfe**

Q39. dokumentiert?
Q40. und ausgewertet?
Q41. Von wem?

- **Beatmung bei laufender mCPR**

Q42. Wie wird die Beatmung bei laufender mCPR durchgeführt?

- **Indikationen für mCPR**

Q43. Gibt es in Ihrem RDB klar definierte Indikationen für die Anwendung der mechanischen Reanimationshilfe?
Q44. Welche?

- **Kontraindikationen für mCPR**

Q45. Gibt es in Ihrem RDB klar definierte
Kontraindikationen für die Anwendung der
mechanischen Reanimationshilfe?

Q46. Welche?

- **Abbruchkriterien bei mCPR**

Q47. Gibt es in Ihrem RDB klar definierte
Abbruchkriterien zur Anwendung der
mechanischen Reanimationshilfe?

Q48. Welche?

- **Schulungskonzept**

Q49. Gibt es ein Schulungskonzept?

- **Training Ablauf/Interaktion**

Q50. Wird der Ablauf / die Interaktion trainiert?

Q51. Wie?

- **sonstige Erfahrungen**

Q52. Welche sonstigen Erfahrungen haben Sie mit
mCPR?

- **Wenn bisher keine mechanischen**

Reanimationshilfen vorgehalten werden:

Q53. Wie stehen Sie zu einer Anschaffung? Bitte
begründen Sie kurz Ihre Entscheidung.

3 Ergebnisse

3.1 Ergebnisse des systematischen Literaturreviews

Seit der Erstellung der letzten ERC-Leitlinie 2010 [11] ist eine relevante Anzahl neuer Studien auf heterogenem Evidenzniveau verfügbar. Eine Übersicht der ausgewählten Arbeiten gibt (Tab. 2).

Die 2014 vorgestellte LINC-Study [29] (A Comparison of Conventional Adult Out-of-hospital Cardiopulmonary Resuscitation Against a Concept With Mechanical Chest Compressions and Simultaneous Defibrillation) vergleicht die mechanische Cardiopulmonale Reanimation (mCPR) mit LUCAS® gegen manuell durchgeführte Thoraxkompressionen. Primärer Endpunkt der Studie ist das Vier-Stunden-Überleben sekundäre Endpunkte sind ROSC, ROSC bei Krankenhausaufnahme, Überlebensdauer im Krankenhaus, Überleben bei Entlassung und auch das Langzeitüberleben 1 und 6 Monate nach Entlassung hinsichtlich schwerer neurologischer Folgeschäden gemessen anhand der Cerebral-Performance-Category

(CPC). Die LINC-Studie zeigt ein Vier-Stundenüberleben für 307 von 1300 Patienten nach mCPR (23.6%) und 305 von 1289 Patienten nach manueller CPR (23.7%). Die resultierende Odds Ratio (OR) für das Vierstunden-Überleben für mCPR gegen manuelle CPR wäre somit 1,0 (95%CI 0,8 – 1,2, $p=0.98$) und resultiert in einer Number-Needed-to-Treat (NNT) von 2157. Aus diesen Zahlen lässt sich für die mCPR kein Vorteil gegenüber der manuellen CPR ableiten. Weiter zeigte sich für die sekundären Endpunkte ein gutes neurologisches Outcome (CPC 1-2) bei Klinikentlassung eine OR von 1,1 (95%CI 0,8 – 1,5, $p=0.61$) und eine NNT von 182; für ein CPC 1-2 zum Zeitpunkt 6 Monate nach Entlassung ergibt sich nach dieser Studie ebenfalls keine Überlegenheit der mCPR (OR 1,1 (95%CI 0,8 – 1,5, $p=0.42$; NNT= 117). Die Autoren schlussfolgern, dass die Studie keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Reanimationsmethoden findet.

Die CIRC-Studie (Circulation Improving Resuscitation Care), eine randomisierte kontrollierte Studie, untersuchte den Einfluss von mCPR mit AutoPulse® gegen manuelle Thoraxkompression an 4753 präklinischen Reanimationen (ausschließlich kardialer Genese) hinsichtlich Überleben

bei Krankenhausentlassung als primärer Endpunkt [36]. Das Ergebnis zeigte keinen signifikanten Unterschied im Outcome zwischen manuell (233/2125) (95% CI: 9,7-12,4) und mechanisch (196/2094) (95% CI: 8,2-10,7) reanimierten Patienten. Auch fand sich kein Unterschied für den Endpunkt „Gutes neurologisches Outcome“ (Definiert als mRS-Score von 0-3) für mechanisch reanimierten Patienten 44,4% vs. 48,1% der manuell reanimierten Patienten. Im sekundären Endpunkt wurden die Zeit von der Alarmierung des Rettungsdienstes bis zum ROSC, die Anzahl der abgegebenen Schocks mit dem Defibrillator, die Hands-on-Zeiten, das Auftreten eines ROSC, das 24h-Überleben und das neurologische Outcome nach 30 Tagen untersucht. Es konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen manuell und mechanisch reanimierte Patienten gefunden werden. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass sich aus diesen Daten eine Äquivalenz von mechanischer Reanimation mit AutoPulse® zu qualitativ hochwertiger manueller Reanimation ableiten lässt.

Die dritte methodisch hochwertige, weil randomisiert-kontrolliert durchgeführte Studie, die Ende 2014 publiziert wurde ist die PARAMEDIC-Study (Prehospital randomised

assessment of a mechanical compression device in cardiac arrest) [27]. Hier wurden in vier britischen Ambulance-Services Cluster gebildet, die jeweils aus Rettungswagen bestanden, die entweder mit oder ohne LUCAS-2® ausgestattet waren. Die Randomisierung kam durch das jeweils ersteintreffende Fahrzeug zustande, das dementsprechend entweder mit oder ohne mechanischem Thoraxkompressionsgerät ausgestattet war. Insgesamt wurden 4471 Patienten in die Studie eingeschlossen, von denen 1652 mit LUCAS-2® und 2819 manuell reanimiert wurden. In der Intention-to-treat-Analyse zeigte sich im 30 Tage Überleben kein signifikanter Unterschied zwischen der mit LUCAS-2® (104 von 1652 Patienten; 6%) und manuell reanimierten (193 von 2819 Patienten; 7%) Patientengruppen (Odds Ratio [OR] 0,86, 95% CI 0,64–1,15). In der LUCAS-2®-Gruppe wurden sieben Patienten mit schweren Begleitverletzungen durch die Reanimationsbehandlung (drei Patienten mit Rippenbrüchen, zwei Patienten mit Hautlazeration an der Brust und zwei Patienten mit Blut im Mund) identifiziert. Diese Beobachtungen gab es bei keinem der manuell reanimierten Patienten. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass eine weite Verbreitung von mechanischen

Thoraxkompressionsgeräten für den Routineeinsatz bei einem Kreislaufstillstand im Rettungsdienst nicht zu einem besseren Überleben beiträgt.

3.1.1 Übersichtsarbeiten und Reviews

In einem systematischen Review aus dem Jahr 2012 schlossen Gates et al. [16] alle mit dem System LUCAS bis 9/2011 durchgeführten klinischen und tierexperimentellen Studien ein, die allerdings humanoide und tierexperimentelle Ergebnisse getrennt bewertet. Die Autoren verzichteten angesichts der statistischen Heterogenität der verschiedenen Studien auf eine Meta-Analyse, weshalb sie auch keine Empfehlung für die mechanische Thoraxkompression gegenüber der manuellen Thoraxkompression aussprechen.

Eine weitere systematische Übersichtsarbeit von Ong et al. [24] betrachtete den Wert mechanischer Thoraxkompressionsgeräte für die Qualität der Reanimation unter präklinischen Bedingungen insbesondere im Hinblick auf Patiententransport. Von 88 identifizierten Studien schloss die Analyse insgesamt 10 Studien ein. Dabei war die Arbeit von Hallstrom et al. [17] die einzige Studie auf höchster Evidenzstufe. Insgesamt

kamen Ong et al. zu dem Resultat, dass es auf niedrigem Evidenzniveau Hinweise dafür gibt, dass durch mCPR die Reanimationsqualität steigt und Unterbrechungen der HDM reduziert werden können. Die Evidenz blieb aber im Hinblick auf ein verbessertes Überleben oder höhere ROSC-Raten für mCPR nicht ausreichend aussagekräftig.

Im gleichen Jahr publizierten Ong et al. [25] eine prospektive Kohorten-Studie, die ebenfalls mit LDB-mCPR reanimierte Patienten mit manuell reanimierten Patienten verglich. Hier wurden die Daten in zwei getrennten Zeitintervallen erhoben (manuelle Reanimation von 2004-2007, mCPR von 2007 bis 2009). Als primärer Endpunkt wurde die lebende Klinikentlassung, als sekundäre Endpunkte ROSC, lebende Klinikaufnahme, und neurologisches Outcome bei Entlassung gewertet.

Im Ergebnis kam man auf eine nicht signifikante Tendenz für ein besseres Überleben bis zur Klinikentlassung bei Patienten die mit mCPR reanimiert wurden (LDB 3.3% vs. manuelle Reanimation 1.3%; adjusted OR, 1.42; 95% CI, 0.47 - 4.29). Außerdem fand man mehr Patienten, die mit einem guten neurologischen Outcome entlassen werden

konnten in der mCPR-Population (1 manuelle Reanimation vs. 10 LDB--CPR; $p=0.06$).

Bereits 2006 fanden Ong et al. in einer prospektiven klinischen Studie mit historischer Kontrolle dass Patienten, die bei nichttraumatischem außerklinischen Kreislaufstillstand mittels LDB-mCPR reanimiert wurden eine signifikant höhere Wahrscheinlichkeit für ein Auftreten eines ROSC (adjusted OR, 1.94; 95% CI 1.38-2.72), für ein besseres Überleben bis zur Klinikaufnahme (adjusted OR, 1.88; 95% CI 1.23-2.86) und ein besseres Überleben bis zur Klinikentlassung (adjusted OR, 2.27 95%CI 1.11-4.77). Beim neurologischen Outcome bei Klinikentlassung gab es hingegen keinen signifikanten Unterschied zwischen Interventions (LDB-mCPR) und Kontrollgruppe (manuelle CPR) (gemessen in Cerebral-Performance-Category).

Weiter liegt eine Metaanalyse von Westfall et al. [35] vor, die den Einfluss der mechanischen Thoraxkompressionsgeräte auf das Überleben nach Reanimationen bewertet hat. Die Autoren ermittelten 12 Studien, die die Häufigkeit eines ROSC nach Reanimation untersuchten. Acht davon verglichen die Häufigkeit des

Auftretens eines ROSC bei mechanischer Reanimation mit Load-Distribution-Band (LDB) versus manuelle Thoraxkompression, vier verglichen unter der gleichen Fragestellung Stempeldruck-Systeme (PD-CPR) mit der manuellen Thoraxkompression. Die Autoren kamen dabei zu dem Ergebnis, dass mit mechanischen Reanimationshilfen signifikant häufiger ein ROSC zu erreichen ist (odds ratio, 1.53 [95% CI, 1.32 bis 1.78], $p < 0.001$). Vergleicht man die beiden Systeme getrennt, so ist die LDB-CPR der manuellen Thoraxkompression für das Erreichen eines ROSC signifikant überlegen (odds ratio, 1.62 [95% CI, 1.36 bis 1.92], $p < 0.001$), während es zwischen manueller Thoraxkompression und Stempeldruckgeräten keine Signifikanz hinsichtlich dieser Fragestellung gibt (odds ratio, 1.25 [95% CI, 0.92 bis 1.68]; $p = 0.151$).

Außerdem liegen zwei Meta-Analysen [8, 35] in Form einer Cochrane-Analyse aus dem Jahr 2011 und deren Überarbeitung aus dem Jahr 2014 vor, die den Einfluss der mechanischen Thoraxkompressionsgeräte auf das Überleben nach Reanimation bewertet haben.

3.1.2 Cochraneanalyse zum neurologischen Outcome nach mCPR

Die Cochrane-Analyse von Brook et al. aus dem Jahr 2011, die erst kürzlich einer erneuten Prüfung der Literatur unterzogen wurde [9], sichtete insgesamt 1561 Arbeiten aus den Jahren 1960 – 2009 [8]. Davon wurden letztlich vier randomisiert-kontrollierte Studien (RCT) mit insgesamt 868 Patienten eingeschlossen. Im Update wurden noch einmal 390 weitere Arbeiten überprüft, von denen aber letztlich nur die von Smekal 2011 [30] und Lu 2010 [21] als relevant erachtet wurden, sodass insgesamt sechs Studien analysiert wurden.

Primäres Studienziel der Cochrane-Analyse war das neurologische Behandlungsergebnis bei Entlassung aus der Akutbehandlung.

Nur zwei der von Brooks et al. eingeschlossenen Studien [12, 17] untersuchten explizit prähospital Reanimationen: Die Studie von Hallstorm et al. [17] verwendete ein LDB-Gerät (AutoPulse®, Firma Zoll), die Studie von Dickinson [12] nutzte ein Stempel-gestütztes Gerät (Thumper, Firma Michigan Instruments, das nach Wissen der Autoren nicht

auf dem deutschen Markt verfügbar ist). Sie schloss allerdings lediglich 20 Patienten ein.

Bei Hallstorm wies die Gruppe mit manueller Thoraxkompression ein signifikant besseres Outcome in Bezug auf das sekundäre Überleben (bis Klinikentlassung) auf als die mit LDB reanimierten Patienten. Es zeigte sich auch ein signifikant besseres neurologisches Outcome bei Klinikentlassung in der Gruppe, die ausschließlich durch manuelle Thoraxkompressionen reanimiert wurde. Kritisch anzumerken ist vor allem, dass die Studie vor Erreichen der geplanten Fallzahl aus Sicherheitsgründen abgebrochen wurde. Einer der fünf beteiligten Rettungsdienstbetreiber hatte bereits zuvor das Protokoll für die mCPR modifiziert, nachdem es offenbar durch das Protokoll in diesem Studienarm zu einer vermeidbaren Verlängerung der Zeit bis zum Beginn der HDM durch das Anlegen des Gerätes kam. Dieser Parameter wurde allerdings nicht in der Studie selbst erhoben. Hier fiel lediglich auf, dass es in der mCPR-Gruppe zu einer Verlängerung der Zeit bis zur Abgabe des ersten Schocks bei defibrillierbaren Rhythmen kam (mCPR: 11,8 Min (\pm 6,1 Min) vs. Standard-CPR: 9,7 Min (\pm 3,1), $p=0.001$).

Dickinson et al. konnten keinen signifikanten Unterschied im Outcome der manuell und mittels mCPR reanimierten Patienten feststellen; es verstarben alle Patienten spätestens 48 Stunden nach Klinikaufnahme. Die Studie weist jedoch darauf hin, dass die gemessenen endtidalen CO₂-Werte in der mCPR-Gruppe signifikant höher waren als bei den manuell reanimierten Patienten; dies werten die Autoren als Beweis für ein besseres Cardiac-Output unter mCPR.

Smekal et al. fanden in einer prospektiv randomisierten Pilotstudie an 149 Patienten mit einem außerklinischen Kreislaufstillstand, die entweder mittels LUCAS® oder manuell reanimiert worden waren keinen signifikanten Unterschied für das Auftreten eines ROSC, die Klinikaufnahme noch das Überleben bis zur Klinikentlassung [30].

Lu et al. [21] fanden in einer ähnlich konzipierten kontrolliert-randomisierten Studie, bei der ein Stempel-Gerät (Thumper 1007) zur mCPR verwendet wurde, dass in einer 5:1 Ratio (Thoraxkompression: Beatmung) arbeitete, ebenfalls zu keinem signifikanten Unterschied im Früh- und

Spätüberleben der 150 innerklinisch reanimierten Patienten.

Als sekundärer Endpunkt der Cochrane Analyse wurden ROSC, Überleben bis zur Aufnahme in der Klinik, Kurzzeit-Überleben (<30 d) und Langzeitüberleben (>30 d) sowie Überleben bis Krankenhausentlassung definiert. Hier ergab sich aus dem Datenpooling zweier kleinerer Studien [12, 18], von denen eine allerdings innerklinische Reanimationen beobachtete (zusammen n= 51) eine nicht signifikante Tendenz für ein Wiedereinsetzen des Spontankreislaufs bei mechanischer Reanimation. Diese Studien wurden jedoch als zu klein und zu wenig aussagekräftig bewertet, um diese Frage hinreichend zu beantworten.

Insgesamt kommen Brooks et al. auch in ihrer aktuellen Neubewertung [9] zu dem Schluss, dass die Datenlage aus den identifizierten Studien weiterhin nicht ausreicht, um daraus einen klaren Schluss ziehen zu können, ob mechanische Reanimationshilfen nützlich oder schädlich für Patienten sind.

Die Autoren aller fünf Reviews [8, 9, 16, 24, 35] kommen zu dem Ergebnis, dass die Gesamtqualität der eingeschlossenen Studien bisher unzureichend ist und dass die Studien eine zu hohe statistische Heterogenität aufweisen, um eine klare Empfehlung für oder gegen den Einsatz der mCPR zu treffen. Alle Autoren fordern Studien auf höherem Evidenzlevel zur Beantwortung dieser Frage. Diese Daten wurden durch drei multizentrisch randomisiert-kontrollierte Studien sowohl für LUCAS® als auch für AutoPulse® geliefert [27, 29, 36]. Seit der Erstellung der letzten ERC-Leitlinie 2010 [11] ist damit eine relevante Anzahl neuer Studien auf heterogenem Evidenzniveau verfügbar. Eine Übersicht der ausgewählten Arbeiten gibt (Tab. 2).

Tabelle 2: Eingeschlossene Studien des systematischen

Autor	Jahr	Studien-design	Studien-szenario	Fall-zahl	mCPR-Gerät	Rekrutierungs-zeit-raum	Reanimations-Proto-koll	Ergebnisse	LoE
Brooks, S.C. et al.	2011	Metaanalyse	Erwachsene mit nicht-traumatischem Kreislaufstillstand; 2 Studien präklinisch, zwei innerklinisch	868 Patienten aus 4 eingeschlossenen Studien	sowohl stempelgetrieben als auch LDB-getrieben	Entfällt bei Metaanalyse	verschiedene	Sehr heterogene Datenlage, die kein Datenpooling zulässt. Autoren schlussfolgern, dass die Datenlage keinen Schluss auf einen Nutzen oder einen Schaden durch mechanische Reanimationshilfen zulässt, können aber keine evidenzbasierte Aussage zum neurologischen Outcome treffen	1b
Brooks, S.C. et al.	2014	Metaanalyse	Erwachsene mit nicht-traumatischem Kreislaufstillstand	6 eingeschlossene Studien	sowohl stempelgetrieben als auch LDB-getrieben	Entfällt bei Metaanalyse	verschiedene	Weiterhin sehr heterogene Datenlage, die kein Datenpooling zulässt. Im Ergebnis keine Änderung zu 2011.	1b
Dickinson, E.T. et al.	1998	Pseudorandomisierte, kontrollierte klinische Studie	Erwachsene mit nicht-traumatischem Kreislaufstillstand	N= 20	stempelgetrieben („Thumper“)	1994	Unklar; 80 Kompressionen/min; keine Kompress./Vent.-Ratio angegeben	Kein Unterschied im Überleben bis zur Klinikentlassung mit gutem neurologischen Outcome zwischen mCPR und manueller CPR	2b
Gates, S. et al.	2012	Systematisches Review	Erwachsene mit nicht-traumatischem Kreislaufstillstand	22 Studien eingeschlossen; zu heterogen für eine Metaanalyse	stempelgetrieben (LUCAS [®])	Entfällt bei Review	Heterogene Protokolle; 100 Kompressionen/min; 4-5cm Tiefe	Kein Hinweis auf einen Vorteil von LUCAS hinsichtlich ROSC und Überleben mit gutem neurologischen Outcome; insuffiziente Evidenz für eine klare Empfehlung wird bemängelt.	1b
Hallstorm, A. et al.	2006	RCT	Erwachsene mit präklinischem, nicht-traumatischem Kreislaufstillstand	N= 1071	LDB-getrieben (AutoPulse [®])	7/2004 – 31.3.2005	Kompressionsfrequenz 80/min; 15 Kompressionen, dann 3 Sek. Pause; keine Kompress./Vent.-Ratio angegeben	Patienten, die mit LDB-CPR reanimiert wurden zeigten ein schlechteres neurologisches Outcome und einen Trend zum schlechteren Überleben als Patienten, die manuell reanimiert wurden.	1b

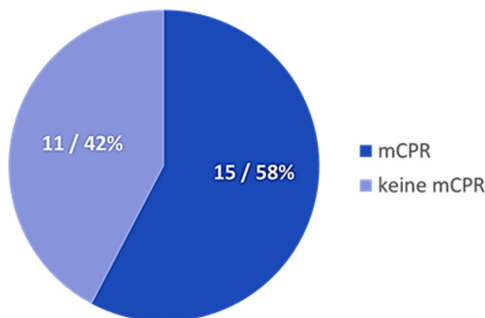
Halperin, H. et al.	1993	RCT	Erwachsene mit innerklinischem, nicht-traumatischem Kreislaufstillstand	N= 34	speziell entwickelten pneumatischen Reanimationsweste (LDB-getrieben)	Keine Angaben	90 Kompressionen /Min	Patienten eine nicht signifikant höhere Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines ROSC und für eine Klinikentlassung als manuell reanimierte Patienten. Alle Patienten verstarben noch in der Klinik.	2b
Ong, M.E. et al.	2012	Systematisches Review	Erwachsene mit nicht-traumatischem außerklinischen Kreislaufstillstand	2611 Patienten eingeschlossen in 8 Studien	sowohl stempelgetrieben als auch LDB-getrieben	Entfällt bei Review	verschiedene	Keine Evidenz für eine Verbesserung des Überlebens durch mCPR; möglicherweise ein schlechteres neurologisches Outcome als unter manueller CPR	2b
Hock Ong, M.E. et al.	2012	Prospektive Kohorten-Studie mit historischer Kontrolle	Erwachsene mit nicht-traumatischem außerklinischen Kreislaufstillstand	N= 1011	LDB-getrieben (AutoPulse®)	1.1.2004 – 24.8.2007; 16.8.2007 – 31.12.2009	Richmond EMS Protokoll für LDB-CPR mit 80 Kompressionen / Minute	Patienten, die mit LDB-CPR reanimiert wurden zeigten ein besseres neurologisches Outcome als manuell reanimierte Patienten.	2b
Ong, M.E., et al.	2006	Prospektive Kohorten-Studie mit historischer Kontrolle	Erwachsene mit nicht-traumatischem, außerklinischen Kreislaufstillstand	N= 783	LDB-getrieben (AutoPulse®)	1.1.2001 – 31.3.2003 und 20.12.2003 – 31.3.2005	Richmond EMS Protokoll für LDB-CPR mit 80 Kompressionen / Minute	Patienten, die mit LDB-CPR reanimiert wurden zeigten ein höhere ROSC und Gesamtüberlebensrate als manuell reanimierte Patienten. Das neurologische Outcome unterschied sich in beiden Gruppen nicht signifikant	2b
Lu, X.G. et al.	2010	RCT	Erwachsene mit nicht-traumatischem Kreislaufstillstand	N= 150	stempelgerieben („Thumper 1007 CCV“)	Keine Angabe	100 Kompressionen /min; Kompress./Vent.-Ratio: 5/1	Signifikant höhere Wahrscheinlichkeit für ein Überleben bis zur Klinikentlassung bei Patienten nach mCPR. Keine klare Definition des neurologischen Outcomes	1b
Perkins G.D. et al. (PARAMEDIC-Study)	2014	Multizentrisch, RCT	Erwachsene mit nichttraumatischem Kreislaufstillstand	N= 4471	stempelgetrieben (LUCAS 2®)	4/2010 – 6/2013	ERC – Leitlinie 2010	Kein signifikanter Unterschied für das 30-Tage-Überleben bei manueller oder mCPR. Schwere Begleitverletzungen traten nur in mCPR-Gruppe auf.	1a
Rubertsson S. et al (LINC-Study)	2014	Multizentrisch, RCT	Erwachsene mit nicht-traumatischem Kreislaufstillstand	N= 2589	stempelgerieben (LUCAS®)	1/2007 – 2/2013	ERC-Leitlinie 2005	Kein Unterschied im 4h-Überleben und neurologischen Outcome nach 6 Monaten bei Überleben zwischen den mit LUCAS reanimierten Patienten und den manuell reanimierten Patienten.	1a
Smekal, D. et al.	2011	RCT	Erwachsene mit nicht-traumatischem Kreislaufstillstand	N= 148	stempelgetrieben (LUCAS®)	1.2.2005 – 1.4.2007	ERC-Leitlinie 2000	Kein Unterschied im Frühüberleben und bei Überleben bis zur Klinikentlassung zwischen mechanisch und manuell reanimierten Patienten; keine Aussage zum neurologischen Outcome.	2b
Westfall, M. et al.	2013	Meta-Analyse	Erwachsene mit außerklinischem Kreislaufstillstand	12 eingeschlossene Studien	sowohl stempelgetrieben als auch LDB-getrieben	Entfällt bei Review	Unklar; keine Protokolle erwähnt	Patienten, die mittels LDB-CPR reanimiert wurden zeigten eine signifikant höhere Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines ROSC als manuell oder stempelgetrieben mechanisch reanimierte Patienten. Das neurologische Outcome bei Klinikentlassung wurde nicht bewertet.	2b

Wik, L. et al. (CIRC-Study)	2014	Multizentrisch, RCT	Erwachsene mit nicht-traumatischem Kreislaufstillstand	N= 4753	LDB-getrieben (AutoPulse®)	5.3.2009 – 11.1.2011	ERC-Leitlinie 2005	LDB-CPR und manuelle CPR ergaben statistisch keinen Unterschied im Überleben mit gutem neurologischen Outcome bis zur Klinikentlassung	1a
-----------------------------	------	---------------------	--	---------	----------------------------	----------------------	--------------------	--	----

3.2 Ergebnisse der Onlineumfrage unter den ÄLRD der bayerischen Rettungsdienstbereiche zu mCPR

In der Auswertung der Onlinefragebögen konnten alle 26 Rettungsdienstbereiche (RDB) in Bayern berücksichtigt werden. Davon halten lediglich 15 (58%) überhaupt mechanische Thoraxkompressionsgeräte vor. In 11 RDB (42%) gibt es keine solchen Geräte (Abb. 2).

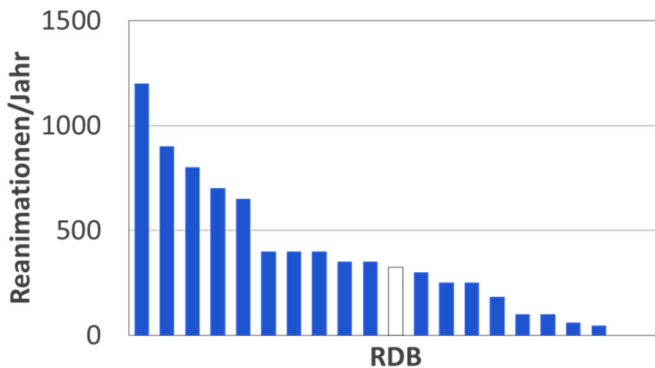
Abbildung 2: Verteilung der mechanischen Thoraxkompressionsgeräte in bayerischen RDB



Die Frage über die Anzahl der Reanimation im zurückliegenden Jahr (2012) wurde für 20 RDB beantwortet, zu 6 RDB wurde oder konnte durch den zuständigen ÄLRD keine Aussage gemacht werden. Die

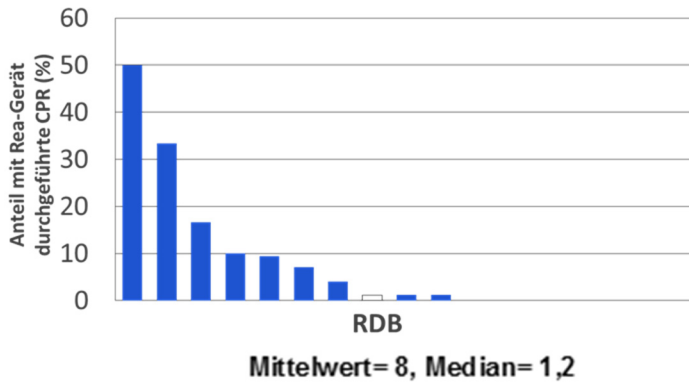
Zahl der Reanimationen lag bei 372 im Mittel, der Median lag bei 325 pro Jahr (2012) (Abb. 3).

Abbildung 3: Reanimationen pro RDB im Jahr



Mittelwert= 372, Median= 325

Dabei kam man in Bayern auf 8% der Reanimationen, die mittels mCPR durchgeführt wurden. Im Median waren es 1,2%, da in 11 RDB überhaupt keine Reanimation mit mechanischen Thoraxkompressionsgeräten durchgeführt wurde (Abb. 4).

Abbildung 4: mCPR Anteil aller Reanimationen pro RDB

In 12 (46%) der RDB werden die mechanischen Thoraxkompressionsgeräte auf NEF vorgehalten. In 8 (31%) der RDB werden die mechanischen Thoraxkompressionsgeräte auf RTW vorgehalten (Abb. 5). Insgesamt werden auf 34 (5%) der bayerischen RTW mechanische Thoraxkompressionsgeräte vorgehalten. Bei den NEF in Bayern sind es 42 (18%) (Abb. 6).

Abbildung 5: Verteilung der mechanischen Thoraxkompressionsgeräte auf RTW/ NEF

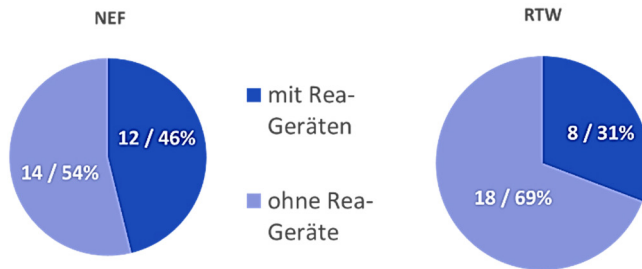
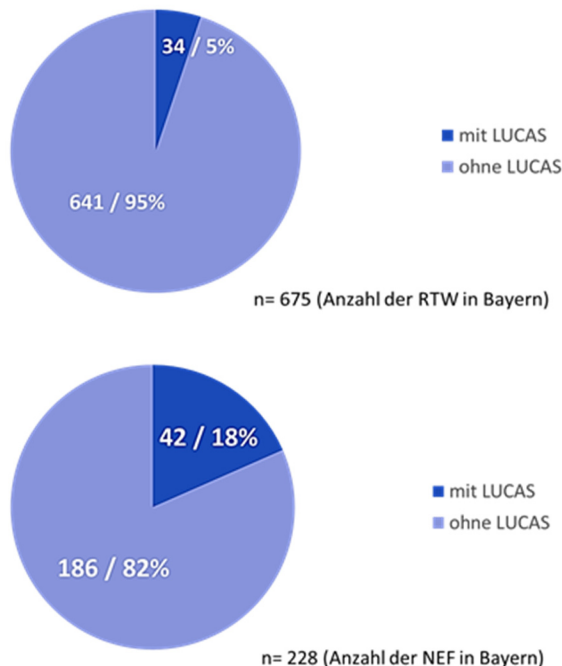
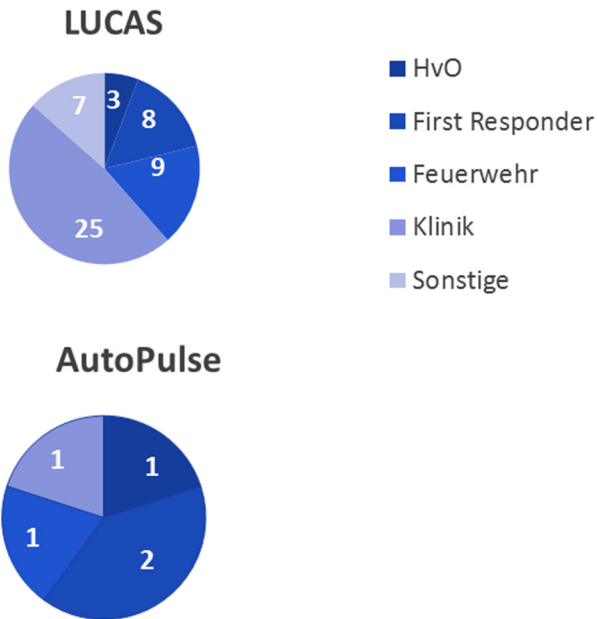


Abbildung 6: Verteilung der mechanischen Thoraxkompressionsgeräte auf RTW/NEF



Die Verteilung der mechanischen Thoraxkompressionsgeräte bezogen auf alle NEF in Bayern liegt damit bei 13,5%. Nur in einem RDB sind alle NEF (100%) mit diesen ausgestattet. Bei den RTW liegt die Verteilung bayernweit bei 7,8%. Dabei hält kein RDB 2013 eine 100% Vorhaltung auf RTW vor. Die restlichen 57 mechanischen Thoraxkompressionsgeräte die dem bayerischen Rettungsdienst zur Verfügung stehen verteilen sich auf HvO- (4), First-Responder- (10) und Feuerwehrfahrzeuge (10) oder werden an Kliniken (26) zentral vorgehalten. Sieben mechanische Thoraxkompressionsgeräte werden an sonstigen, nicht näher definierten Orten vorgehalten (Abb. 7).

Abbildung 7: Verteilung der mechanischen Thoraxkompressionsgeräte in der Vorhaltung



Nach der Verteilung der mechanischen Thoraxkompressionsgeräte wurde nach einer speziellen Schulung mit Handlungsempfehlung, Einbindung in einen leitliniengerechten Reanimationsalgorithmus und einem spezifischen Qualitätsmanagement mit Auswertung der mit mCPR durchgeführten Reanimationen gefragt. Dabei geben 5 (33%) der RDB die mechanische

Thoraxkompressionsgeräte vorhalten an, spezielle Anwendungs- und Handlungsempfehlungen entwickelt und ausgegeben zu haben. 10 (67%) tun dies nicht.

Eine spezielle Dokumentation führen 8 (54%) der RDB die mechanische Thoraxkompressionsgeräte vorhalten durch. 5 (33%) tun dies nicht; 2 (13%) haben hierzu keine Angabe gemacht. Eine Auswertung der Dokumentation führen 4 (27%) der RDB durch, die eine mechanische Thoraxkompressionsgeräte vorhalten. Diese wird in einem RDB durch den „ärztlichen Leiter für die Frühdefibrillation durchgeführt. In einem RDB durch den ÄLRD. Zwei RDB geben „das BRK“ als Auswertungsorgan an.

Auf die Frage nach dem Beatmungskonzept unter mCPR wurde von keinem RDB ein klares Konzept vorgegeben. Die Antworten reichten von „Synchron/asynchron“, „maschinell/manuell“ über „IPPV“ bis „wie der Notarzt es will“.

Auf die Frage nach der klaren Indikationsstellung für die mCPR wurde von 5 (33%) RDB angegeben eine solche definiert zu haben. Die konkret angegebenen Indikationen waren:

- Einzelfallentscheidung des NA
- Medizinische Indikation zur Rea unter Transport
- Algorithmus wird gerade erstellt
- Jede Reanimation

Kontraindikationen für die mCPR definieren 5 RDB (33%) die mechanische Thoraxkompressionsgeräte vorhalten. 9 (60%) tun dies nicht. Ein RDB (7%) macht zu Kontraindikationen keine Angaben.

Als Kontraindikationen für die mCPR werden genannt:

- Sichere Todeszeichen/inaufste Prognose
- Patientenverfügung
- Traumapatienten
- Herstellerausschlüsse (Pat. zu groß/zu klein)

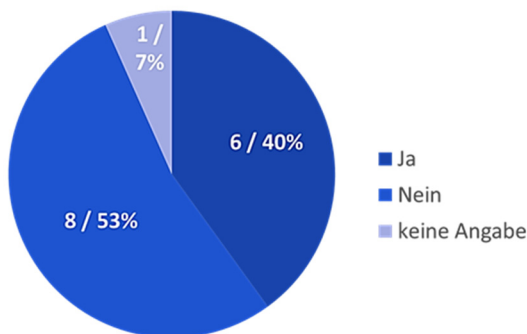
Drei (20%) der RDB die mCPR einsetzen definieren klare Abbruchkriterien. 11 (73%) der RDB tun dies nicht. Ein RDB (7%) macht hierzu keine Angabe.

Als Abbruchkriterien werden dabei genannt:

- Gerätefehlfunktion/Dislokation
- Entscheidung des Notarztes

Auf die Frage ob ein definiertes Schulungskonzept zur Anwendung der mechanischen Thoraxkompressionsgeräte vorgehalten wird, gaben 6 (40%) der RDB die mCPR anwenden an ein solches vorzuhalten und anzuwenden. In 8 (53%) der RDB die mCPR anwenden gibt es ein solches Schulungskonzept nicht. Ein (7%) RDB machte keine Aussage zu einem Schulungskonzept (Abb. 8).

Abbildung 8: Gibt es ein Schulungskonzept zur mCPR?



Sieben (47%) der RDB geben an den Ablauf/die Interaktion im Rahmen des leitliniengerechten

Reanimationsalgorithmus speziell zu trainieren. Sieben (47%) der RDB die mCPR anwenden trainieren diesen Ablauf nicht gesondert mit dem eingesetzten Personal. Ein (7%) RDB mach hierzu keine Angabe.

Auf die Frage wie der Ablauf und die leitliniengerechte Einbindung der mechanischen Thoraxkompressionsgeräte in den Reanimationsalgorithmus trainiert wird wurden folgende Antworten gegeben:

- Im Rahmen der Megacode-Trainings
- Einmal bei der Geräteeinweisung
- Im Rahmen der Früh-Defi-Schulungen
- Gar nicht

Auf die Freitextfrage nach sonstigen Erfahrungen mit der mCPR dreimal angegeben, das die Zahl der Klinikeinweisungen unter Reanimation seit Einführung der mCPR gestiegen sei. Dreimalig wurde angegeben dass seit Einführung der mCPR nur Einzelfallerfolge bekannt geworden seien, die keine klare Steigerung gegenüber der manuellen CPR bedeuteten. Des Weiteren wurde genannt, dass die mCPR ressourcenschonend sei. Dreimal wurde auf

die noch zu geringen Erfahrungswerte verwiesen. Einmal wurde explizit auf die bis heute unklare Beatmungssituation unter der mCPR hingewiesen.

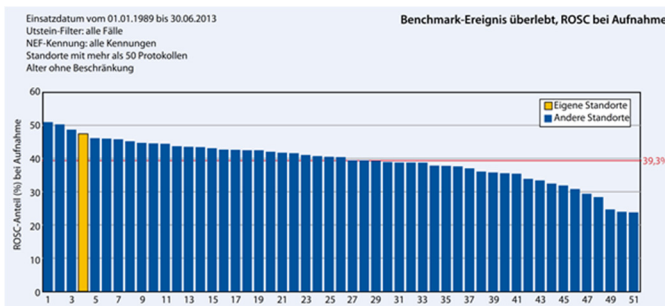
4 Diskussion

Zum Zeitpunkt der Erstellung der ERC-Leitlinie zur kardiopulmonalen Reanimation 2010 konnte angesichts einer unzureichenden Evidenzlage zum Nutzen von mechanischen Thoraxkompressionsgeräten keine klare Empfehlung für deren Einsatz gegeben werden. Die Evidenzlage in den letzten Jahren wird von der Mehrheit der gesichteten Arbeiten methodisch wie statistisch als ausgesprochen heterogen bewertet. Sie zeigt häufig ein hohes Risiko für eine statistische Verzerrung (Bias) und konnte keine klaren Vorteile für den Einsatz von mCPR-Geräten feststellen [8, 9, 16, 24]. Lediglich das systematische Review von Westfall et al. [35] findet eine homogene Studienlage ohne Anhalt für Publikationsbias. Es bezieht sich in seinen positiven Aussagen allerdings ausschließlich auf den LDB-getriebenen AutoPulse®. Hierbei postulieren die Autoren eine erhöhte Return-Of-Spontaneous-Circulation-Rate (ROSC). Spätere Zeitpunkte

für den Reanimationserfolg wurden nicht untersucht. Diese Studie wurde in der Neubewertung der Cochrane-Analyse von Brooks et al. jedoch nicht zuletzt aufgrund der engen Beziehung der Autoren zum Hersteller des AutoPulse® und der damit verbundenen möglichen finanziellen Unterstützung/Abhängigkeit kritisiert. Letztlich sollte aber auch festgehalten werden, dass der ROSC alleine kein klares Surrogat für ein gutes neurologisches Behandlungsergebnis sein kann. So werden nach Daten des deutschen Reanimationsregisters in Mittel 39,3% der Patienten (Abb. 9) die im deutschen Rettungsdienst reanimiert werden, unabhängig ob mittels mCPR oder manuell, mit ROSC in eine Klinik eingeliefert [14]. Dennoch kann dieser, als vermeidlicher Vorteil der mCPR postulierte Effekt häufig nicht ausgespielt werden. Denn vor allem bei präklinisch reanimierten Patienten haben eine Vielzahl von Faktoren Einfluss auf das Behandlungsergebnis. Dies beginnt mit den Ursachen für den Kreislaufstillstand, geht über den Beginn der Reanimationsmaßnahmen (Bystander-CPR, Eintreffen des Rettungsdienstes, Ausbildung/Schulung der Ersthelfer und der Rettungsassistenten/Notärzte) [5, 22] aber auch die klinische Weiterbehandlung [20]. Eine weitere Rolle für die

Steigerung der Überlebensrate scheint zusätzlich die Häufigkeit, mit der die aufnehmende Klinik pro Jahr mit reanimierten Patienten konfrontiert wird zu spielen [20].

Abbildung 9: Anteil der mit ROSC in eine Klinik eingelieferten Patienten nach CPR



Deutsches Reanimationsregister der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e. V. Benchmarkvergleich zum Überleben nach plötzlichem Herztod [Spontankreislauf (ROSC) bei Aufnahme] in verschiedenen deutschen Notarzt- und Rettungsdiensten, die im Beobachtungszeitraum 01.01.1989–30.06.2013 mehr als 50 Patienten ins Reanimationsregister übertragen haben. Jede Säule stellt einen Notarzteinsatz dar. Aus: Fischer M, Breil M, Ihli M et al. (2014) [Mechanical resuscitation assist devices]. Der Anaesthetist 63:186-197

Auch unter dem Postulat, dass die Qualität der HDM unter mCPR besser ist (z.B. in Bezug auf koronaren oder zerebralen Blutfluss), könnte dieser mögliche Vorteil mechanischer Reanimationsgeräte auch in einer nicht maximal optimierten Qualität der manuellen HDM bestehen. Denn alleine durch den Einsatz eines audiovisuellen Feedback-Gerätes bei der manuellen HDM konnte in einer aktuellen Studie die Qualität der HDM

verbessert und die ROSC-Rate um 50% gesteigert werden [6].

Die alle 2014 veröffentlichten multizentrischen randomisiert-kontrollierten Studien LINC (mit einem stempel-getriebenen mCPR-Gerät [29]), CIRC (mit einem LDB-getriebenen mCPR-Gerät, [36]) und PARAMEDIC (ebenfalls mit stempel-getriebenen mCPR-Gerät [27]) sind nach Evidence-based-Medicine-Gesichtspunkten die bisher besten Studien zur mCPR. Alle drei konnten keinen signifikanten Unterschied zwischen mCPR und manueller CPR feststellen, weder für das Kurzzeitüberleben noch für das neurologische Outcome bis 6 Monate nach Krankenhausentlassung. PARAMEDIC postuliert in den Ergebnissen zusätzlich ein signifikant höheres Risiko für schwere Begleitverletzungen im Thorax und Oberbauchbereich unter mCPR.

Auf dem Boden der existierenden Datenlage ergibt sich gegenwärtig also kein eindeutiger Vorteil durch die Anwendung von mechanischen Thoraxkompressionsgeräten hinsichtlich des neurologischen Outcomes. Auch die Autoren eines Case-Reports, der eine Leberruptur nach mCPR beschreibt

vermuten, dass aufgrund fehlender systematischer Untersuchungen hier mit einer gewissen Dunkelziffer zu rechnen ist [33].

Nolan und Soar, beide Leitlinienautoren des ERC, betonen in einem Editorial zu LINC und CIRC, das mechanische Thoraxkompressionsgeräte auf dem Boden der aktuellen Evidenzlage nicht routinemäßig zur Behandlung des außerklinischen Herz-Kreislaufstillstands eingesetzt werden sollen, sondern hier eine qualitativ hochwertige manuelle Thoraxkompression und frühestmögliche Defibrillation – wenn indiziert – priorisiert werden müssen [31].

4.1 Einbindung von mCPR-Geräten in bestehende Reanimationsrichtlinien

Grundsätzlich fehlen bisher klare Empfehlungen für die Einbindung der mechanischen Thoraxkompressionsgeräte in Leitlinienalgorithmen des ERC 2010. Die Hersteller sind sich für die Benutzung der Geräte soweit einig, dass vor der Anlage der mechanischen Thoraxkompressionsgeräte mit einer manuellen HDM begonnen werden sollte, um die HDM-freie Zeit auf ein Minimum zu reduzieren. Ansonsten lassen die Hersteller von LUCAS®, AutoPulse® und

ANIMAX® Informationen bezüglich der Einbindung ihrer Geräte in einen ERC-leitlinienkonformen Arbeitsablauf offen. So verweist die Gebrauchsanweisung des LUCAS® auf die gültigen ERC-Leitlinien und fordert, dass der Anwender darin ausgebildet sein sollte [2]. Weiter wird für den LUCAS darauf hingewiesen, dass bei ungesichertem Atemweg Beatmungspausen eingelegt werden sollen. Ob nach Atemwegssicherung mit klassischem Endotrachealtubus oder supraglottischer Atemwegshilfe (Larynx-tubus/-maske) ohne Unterbrechung der mCPR beatmet werden kann bleibt offen. Auf eventuelle Probleme durch Druckspitzen bei endotracheal intubierten Patienten, und inwiefern man sich bezüglich eines adäquaten alveolären Gasaustausches durch ein vermindertes Atemhubvolumen unter mCPR sorgen sollte, wird nicht eingegangen. Als mögliche Alternative zur intermittierenden manuellen Beatmung in den Druckpausen oder der unsynchronisierten mechanischen Beatmung unter mCPR mit LUCAS könnte der Einsatz des Boussignac-CPR-Systems® (Abb. 10) dienen, bei dem die Beatmung durch einen konstante Sauerstoff-Flow und die aktive Thoraxkompression/Dekompression erreicht wird [4, 7].

Herstellerempfehlung oder Hinweise in aktuellen Studienprotokollen, die die Verwendung dieses Hilfsmittels befürworten, finden sich nicht.

Die Anleitung des AutoPulse® bleibt ebenfalls unverbindlich [1]. Für den Benutzer individuell zugeschnittene Handlungsempfehlungen seien durch den jeweiligen Zoll-Mitarbeiter vor Ort erhältlich. „Eine Überdruckbeatmung kann zeitgleich mit jeder Relaxation (Entlastung des Brustkorbes) und/oder während der vom Gerät vorgegebenen Beatmungspause erfolgen“. Darüber hinaus finden sich keine Angaben.

Auffällig ist, dass weder Hersteller noch Studienprotokolle präzise Angaben zum Beatnungsmodus machen. Für Empfehlungen zur Durchführung einer Defibrillation wird auf die Herstellerinformationen des jeweiligen Defibrillator-Herstellers verwiesen. Die Möglichkeiten einer Hands-on Defibrillation werden nicht im Detail betrachtet, sondern nur darauf hingewiesen dass es grundsätzlich möglich ist.

Wesentliche Forderung für eine leitlinienkonforme Reanimation mit mCPR-Geräten ist, dass durch deren Anwendung indizierte Maßnahmen nicht verzögert

werden dürfen. So zeigten zwei Manikin-Studien [17, 28] zu mCPR, die mit Reanimations-Trainer-Puppen durchgeführt wurden, dass wichtige Maßnahmen, wie die schnellstmögliche Defibrillation, signifikant verzögert wurden. Daher ist ein regelmäßiges Teamtraining zur Anwendung von mCPR-Geräten unbedingt zu fordern. Dies konnte in einer klinischen Studie von Ong et al. [26] eindrucksvoll gezeigt werden. Durch ein Teamtraining in der Anwendung des mCPR- Geräts (AutoPulse®) konnte die No-flow-Ratio (das Verhältnis von Thoraxkompressionen zu Pausen) signifikant verbessert werden.

4.2 Höhere Qualität der Thoraxkompressionen unter Transportbedingungen

Ein Transport unter laufender manueller Herzdruckmassage ist in der Regel nicht mit einer hinreichenden Sicherung (Benutzung eines Sicherheitsgurts) des durchführenden Personals während der Fahrt im RTW zu vereinbaren. Noch komplizierter wird es bei dem Transport des Patienten auf einer Trage in einem Treppenhaus oder einer Feuerwehr-Drehleiter. Hier ist eine suffiziente manuelle Herzdruckmassage mitunter

völlig unmöglich. Eine offensichtliche Stärke der mechanischen Thoraxkompressionsgeräte dürfte daher in der Verbesserung der Qualität der HDM unter Transportbedingungen liegen. Einige jüngere Studien beschäftigen sich explizit mit dem Thema „Reanimation unter Transportbedingungen“. Diese konnten zeigen, dass unter bodengebundenen Transportbedingungen am Reanimationsmodell die Qualität der Thoraxkompressionen in allen Parametern (Druckpunkt, Drucktiefe, Entlastung und Frequenz) durch die mechanische Reanimationshilfe (LUCAS®) signifikant besser eingehalten werden konnte als durch trainierte Rettungsdienstmitarbeiter [15].

Patienten, die unter laufender Reanimation in einem Rettungshubschrauber transportiert wurden zeigten unter mCPR signifikant häufiger einen ROSC, dies hatte jedoch keine signifikante Auswirkung auf das Behandlungsergebnis bei Klinikentlassung [23].

Die Mehrheit der Studien zum Patiententransport wurde an Reanimationsmodellen (Manikins) durchgeführt und betrachtet nur technische Einzelaspekte, wie beispielsweise die kontinuierliche Qualität der

Thoraxkompressionen, die Option der Defibrillation unter Thoraxkompressionen oder die Qualität der Thoraxkompressionen unter Transportbedingungen in einem Rettungshubschrauber [15, 23, 24, 28]. Sie können in der überwiegenden Mehrzahl keine Aussagen zum Outcome machen und sind daher lediglich in ihren Teilaspekten verwertbar. Die einzige Studie, die sich zum Outcome äußert [23], kann auch hier keinen signifikanten Vorteil für die mechanische Reanimation nachweisen. Einschränkend muss zusätzlich angemerkt werden, dass herstellerseitig die Anwendung von mCPR-Geräten nicht in allen Phasen des Transportes zulässig ist. Grundvoraussetzung ist oftmals nämlich, dass das Gerät streng lotrecht zum Boden ausgerichtet sein muss um eine fehlerfreie Funktion zu gewährleisten [2, 3]. Zugleich muss unter Transportbedingungen auch beachtet werden, dass Fliehkräfte, wie sie in Fahrzeugen beim Beschleunigen und Bremsen auftreten auch die regelrechte Funktion der mechanischen Reanimationshilfen beeinträchtigen können. Dies gilt vor allem für den korrekten Druckpunkt, der bei hohen Fliehkräften leicht verschoben werden kann, was dann zu erheblichen Organverletzungen, wie sie die PARAMEDIC-Studie beschreibt, führen kann.

Die Entscheidung zum Transport unter CPR-Bedingungen sollte immer mit einem klaren Therapieziel erfolgen und nicht lediglich die Entscheidung zum Therapieabbruch in das aufnehmende Krankenhaus verlagern. Bei Patienten, die ausschließlich durch erweiterte klinische Interventionen ein ROSC erreichen können (z. B. Wiedererwärmung bei schwerer Hypothermie, Intoxikationen oder nach einer Rescue-Lyse-Behandlung bei thrombembolischen Verschlüssen), ist ein unverzüglicher Transport in ein geeignetes Zielkrankenhaus nach Initiierung aller invasiven Maßnahmen des ALS angezeigt. Hierbei können mechanische Reanimationshilfen eine sinnvolle Ergänzung zur Aufrechterhaltung einer qualitativ hochwertigen CPR darstellen [13, 31]. Nach den aktuellen Leitlinienempfehlungen gibt es dafür jedoch kaum evidenzbasierte Handlungsempfehlungen, so dass die Indikationsstellung zum Transport derzeit eine individuell auf den Patienten abgestimmte Entscheidung des Notarztes ist.

4.3 Anwendung der mCPR im bayerischen Rettungsdienst

Die Anschaffung und der Einsatz von mechanischen Thoraxkompressionsgeräten ist bis heute für den bayerischen Rettungsdienst nicht einheitlich geregelt. So wurden auf Eigeninitiative einzelner Rettungsdienstbereiche (RDB) oder teilweise auch nur auf Kreis- oder Organisationsebene Geräte beschafft, die an sehr unterschiedlichen Stellen vorgehalten werden. Dies reicht von einer Zentralen Vorhaltung an einer Klinik oder Rettungs- bzw. Feuerwache über Firstresponder oder HVO-Fahrzeuge und Hilfeleistungs-Löschfahrzeuge (HLF) der Feuerwehr bis zu Ausrüstung jedes NEF oder RTW. Dementsprechend heterogen ist auch der Anteil der Reanimationen, die bis 2013 in allen RDB mittels mCPR durchgeführt wurden liegen, bedingt durch diese heterogene Verteilung der mechanischen Thoraxkompressionsgeräte, bayernweit bei 8%. Ein RDB gibt in der Umfrage an, dass 50% der präklinischen Reanimationen mittels mCPR durchgeführt worden sind. Jedoch haben nur 33% der RDB in denen mechanische Thoraxkompressionsgeräte eingesetzt werden Handlungs- oder Anwendungsempfehlungen für den Einsatz der

Geräte formuliert. Diese reichen von der Einzelfallentscheidung des Notarztes bis zu „jeder Reanimation“. Damit erklären sich vermutlich auch die sehr unterschiedlichen Einsatzzahlen. Auch Kontraindikationen und Abbruchkriterien werden in den RDB die mechanische Thoraxkompressionsgeräte einsetzen nur zu 33% formuliert.

So bleiben wichtige Kriterien unerfüllt. Geht man davon aus, dass die mCPR von den ERC-Leitlinien zur CPR 2010 in keinem Algorithmus erwähnt wird und damit auch keine klare Indikationsstellung, kein Zeitpunkt für den Beginn des Einsatzes oder Kontraindikationen angeben, erscheint es umso wichtiger, dass dieses vor der Einführung der Geräte in den Regeldienst definiert wird. Genauso wichtig ist die Definition von Abbruchkriterien. Da hier für keine Reanimation eine generell gültige Aussage getroffen werden kann, besteht die Gefahr, dass schlussendlich mehr Patienten unter laufender Reanimation mittels mCPR in eine Klinik transportiert werden, um dort im Zweifelsfall den Tod des Patienten festzustellen. Dies würde, neben der Frage der Ethik des Handelns, für das Gesundheitssystem einen erheblichen Mehraufwand mit den damit verbundenen Mehrkosten bedeuten, ohne dass

es eine Verbesserung der Patientenversorgung bringt. So geht auch aus den Ergebnissen der LINC-, CIRC- und PARAMEDIC-Studien hervor, die keine Verbesserung des Gesamtüberlebens im Sinn eines guten neurologischen Ergebnisses zeigen konnten, dass die Indikation zur mCPR in einen sinnvollen Kontext gestellt werden muss um wirklich dem Patienten zu nutzen. Die randomisiert-kontrollierte Studie von Hallstrom et al. aus dem Jahr 2006, die im Ergebnis ein signifikant schlechteres neurologisches Outcome und einen Trend zum schlechteren Überleben nach mCPR findet, vermutet diesen Effekt hierfür als ursächlich [17]: Patienten unter mCPR werden großzügiger transportiert. Die Überlegungen um die Aussichtslosigkeit der Reanimationsbemühungen werden in die Klinik verlagert. Auch in den Freitextanmerkungen der Umfrage zum Einsatz mechanischer Thoraxkompressionsgeräte in Bayern wurde dreimal erwähnt, dass seit Einführung der mechanischen Reanimationshilfen die Zahl der Klinikeinweisungen unter laufender Reanimation gestiegen sei, auch wenn konkrete Zahlen- und vor allem Outcomeangaben hierbei fehlen.

Ein weiterer wichtiger Punkt war die Frage nach einem Schulungskonzept für die Anwendung der mechanischen Thoraxkompressionsgeräte. Primär um die von den Leitlinien geforderten maximalen 10 Sekunden für eine Unterbrechung der Herzdruckmassage einzuhalten und sekundär um ein klares Vorgehen zum Einbinden der mechanischen Thoraxkompressionsgeräte in den leitlinienkonformen Algorithmus zu ermöglichen.

Vor allem für den primären Punkt ist ein erheblicher Trainingsaufwand notwendig, da, abhängig von dem eingesetzten Gerät, das Verbringen des Patienten auf die Trägerplatte und anschließend das korrekte Anbringen der Kompressionseinheit choreographisch geübt werden muss um es innerhalb der geforderten 10 Sekunden zu erledigen und das Gerät in Betrieb zu nehmen. Dies wird schließlich auch von den ERC Leitlinien zur CPR 2010 und den 2010 AHA Guidelines in den Ausführungen zu den mechanischen Thoraxkompressionsgeräten erwähnt, wo explizit darauf hingewiesen wird, dass diese Geräte nur in speziell geschulten Teams sinnvoll angewendet werden können [10, 11]. Nur 40% der RDB, die mCPR anwenden geben an überhaupt ein Schulungskonzept ausgearbeitet zu haben. 46% geben an den Ablauf der mCPR gesondert zu

trainieren, jedoch wird dies in keinem RDB häufiger als im Rahmen der jährlichen Megacode-Trainings durchgeführt. Unklar bleibt auch wie damit die leitliniengerechte Einbindung der mechanischen Thoraxkompressionsgeräte in den Reanimationsalgorithmus erfüllt wird.

Schwierig zeigt sich auch die Frage nach der Beatmung unter mCPR. Da hier sowohl die Literatur, als auch die Hersteller der mechanischen Thoraxkompressionsgeräte eine klare Antwort schuldig bleiben, jedoch die Leitlinien der asynchronen Thoraxkompression und Beatmung den Vorzug geben, weil hierunter höhere Thoraxkompressionsraten und weniger No-Flow-Zeiten erreicht werden können als unter der 30:2 Synchronisation. So muss der Anwender selbst entscheiden wie er eine lungenprotektive Beatmung am besten generiert. Die einzige Studie zur Beatmung unter mCPR stammt von Steen et al. aus dem Jahr 2004 [32] und propagiert eine kontinuierliche Sauerstoffinsufflation über ein Boussignac-CPR-System® (Abb. 10), ein nach außen offenes System, das über kleinlumige Zusatzkanäle eine kontinuierlich Sauerstoffinsufflation unter hohem Druck ermöglicht. Diese „Beatmungsmethode“ wurde allerdings

mit einem LUCAS-1®-Gerät erprobt, dass eine aktive Dekompression des Thorax durchgeführt hat. Diese wurde jedoch wegen erhöhter thorakaler Verletzungsraten wieder verlassen.

Abbildung 10: Boussignac CPR System (Fa. Vygon)



Dementsprechend wurde die Frage nach dem Beatmungskonzept auch in der Umfrage heterogen beantwortet: kein RDB gibt hierbei ein klares

Beatmungskonzept vor. Letztlich soll die Beatmung nach „Vorgabe des Notarztes erfolgen“.

Zuletzt wird auch eine Dokumentation und Auswertung der mCPR nur von 4% der RDB die mCPR anwenden angegeben. Auch hier fehlt ein klares Konzept.

So lassen sich aus der Umfrage die Schlüsse ziehen, dass zwar über die Hälfte der bayerischen Rettungsdienstbereiche in irgendeiner Form mechanische Thoraxkompressionsgeräte vorhalten und auf diese zugreifen können, es aber in den meisten Bereichen keine klaren Anwendungsbeschreibungen gibt, die vorgeben wann und wie das Gerät zum Einsatz kommen soll, welche Kontraindikationen zu beachten sind, unter welchen Umständen eine Reanimation abgebrochen werden sollte bzw. welche Patienten wirklich in eine Klinik verbracht werden sollten. Auch eine Dokumentation mit entsprechender Auswertung im Rahmen einer Qualitätssicherung fehlt weitestgehend.

Vergleicht man die Ergebnisse der Umfrage mit dem systematischen Literaturreview, so wird deutlich, dass nicht nur die Studienlage die erfolgreiche Anwendung der

mechanischen Thoraxkompressionsgeräte offen lässt, für die es zwar keinen signifikanten Benefit für das Überleben mit gutem neurologischen Outcome gibt, aber im Umkehrschluss auch kein signifikant schlechteres Überleben mit gutem neurologischem Outcome; sondern auch die Anwendung der angeschafften Geräte in Bayern unklar bleibt. Die Leitlinien zu kardiopulmonalen Reanimation helfen hier nicht weiter, da sie die mechanischen Thoraxkompressionsgeräte nicht in den ALS-Algorithmus einbauen, sondern sie lediglich in den Händen besonders geschulter Teams als möglicherweise sinnvolle Ergänzung der Reanimationsmaßnahmen sehen. Dies wird nochmals durch Nolan und Soar, zwei Autoren der Leitlinien in einem Editorial zu der LINC- und CIRC-Studie verdeutlicht, wonach die mCPR speziellen Indikationen vorbehalten bleiben sollte [31]. Diese Indikationen sollten, neben einem expliziten Schulungskonzept, für alle Rettungsdienstbereiche, die ihrem Personal mechanische Thoraxkompressionsgeräte zur Verfügung stellen klar definiert werden, um negative Auswirkungen auf die Behandlungsqualität zu vermeiden und letztlich dem Gesundheitssystem unnötige Kosten zu ersparen.

5 Zusammenfassung

Ziel der hier vorgelegten Arbeit ist es, vor einer möglichen flächendeckenden Einführung im bayerischen Rettungsdienst, zum einen durch eine strukturierte Literaturrecherche zu klären, ob durch den Einsatz mechanischer Thoraxkompressionsgeräte eine Verbesserung des Gesamtüberlebens im Sinne eines guten neurologischen Behandlungsergebnisses zu erreichen ist; zum anderen soll über eine Umfrage in allen bayerischen Rettungsdienstbereichen (RDB) geklärt werden, wie viele mechanische Thoraxkompressionsgeräte bereits vorgehalten werden, wie deren Einsatz koordiniert wird und ob es ein Qualitätsmanagement zur mCPR gibt.

Ein klarer Überlebensvorteil im Sinne eines guten neurologischen Outcomes konnte für die mechanischen Thoraxkompressionsgeräte bisher nicht eindeutig nachgewiesen werden. Das Erreichen eines Spontankreislaufes (ROSC) scheint dagegen durch den Einsatz von mechanischen Thoraxkompressionsgeräte mitunter besser zu gelingen, ohne das sich daraus aber ein besseres neurologisches Behandlungsergebnis ableiten lässt oder das Überleben der Patienten insgesamt

verbessert wird. So erfüllt die mCPR aktuell am ehesten die Kriterien eines vielversprechenden Therapieansatzes, für den ein klarer Wirksamkeitsnachweis aussteht. Vorteile ergeben sich vermutlich aber in Situationen, in denen eine manuelle Thoraxkompression nicht qualitativ hochwertig durchgeführt werden kann wie es beispielsweise während des Transportes an Bord von Rettungshubschraubern und Rettungswagen oder auch beim Transport des Patienten über enge Treppenhäuser oder Feuerwehrdrehleitern der Fall sein kann.

Hinzu kommt hier auch noch ein erheblicher Sicherheitsaspekt für das eingesetzte Personal, das ohne mCPR gezwungen ist im fahrenden Rettungswagen eine kontinuierliche Herzdruckmassage sicherzustellen, ohne durch eine entsprechendes Rückhaltesystem (Sicherheitsgurt) gesichert sein zu können.

Eine einheitliche Handlungsempfehlung für die Einbindung mechanischer Thoraxkompressionsgeräte in den Reanimationsalgorithmus des ERC 2010 liegt nicht vor. Ebenso fehlen Vorgaben für die Durchführung der Beatmung unter mCPR.

Eine spezielle, intensive Schulung des Personals ist für die sichere Anwendung der mCPR und die Verkürzung der No-Flow-Zeiten entscheidend und so wird es auch von den Leitlinien zur cardiopulmonalen Reanimation aus dem Jahr 2010 von ERC und AHA in ihren jeweiligen Ausführungen zu mechanischen Thoraxkompressionsgeräten gefordert; nämlich dass mechanische Thoraxkompressionsgeräte nur in den Händen speziell trainierter Teams sinnvoll eingesetzt werden sollten.

Da mCPR eine qualitativ hochwertige Herzdruckmassage gewährleisten kann, wird Sie in der Praxis der cardiopulmonalen Reanimation mittlerweile häufig auch im bayerischen Rettungsdienst eingesetzt. Dies geschieht bis heute auf Eigeninitiativen zur Anschaffung und ohne einheitliches Konzept. Der tatsächliche Nutzen ist dadurch möglicherweise nicht gegeben. Denn für den Einsatz der angeschafften Geräte im bayerischen Rettungsdienst fehlen bis dato nicht nur klar definierte Anwendungsindikationen, sondern vor allem auch die von den Leitlinien geforderten speziellen Schulungen um die mechanischen Thoraxkompressionsgeräte im geforderten Zeitrahmen von einer maximalen Unterbrechung der

Thoraxkompressionen von 10 Sekunden sicher zu erreichen. Des Weiteren gibt es kein einheitliches Qualitätsmanagement das eine Auswertung der durchgeführten Reanimationen beschreibt und vornimmt. Damit werden die Geräte nach Vorgaben des Notarztes eingesetzt, was bei den vorliegenden Daten der aktuellen Studienlage, vor allem aus den randomisiert-kontrollierten Studien, zwar keine Verschlechterung der Reanimationsergebnisse zwingend zur Folge hätte, aber auch keine Verbesserung. Zusätzlich besteht die Gefahr, dass es zu unethischen Entscheidungen kommt, indem jede einmal begonnene Reanimation in eine Klinik transportiert wird; ungeachtet einer potentiellen Aussichtslosigkeit. Damit wird lediglich die Entscheidung zu Therapieeinstellung in die Hände des Klinikarztes gelegt, erzeugt dabei allerdings erheblichen Mehraufwand und -kosten. Daher ist unbedingt zu fordern, dass vor der in Dienstbringung von mechanischen Thoraxkompressionsgeräten die Indikationen, Kontraindikationen und Abbruchkriterien klar formuliert werden. Des Weiteren ist zu fordern ein Beatmungskonzept für die mCPR zu erstellen um potentielle Lungenschäden zu vermeiden.

6 Literaturverzeichnis

1. Anonymous (2009) AutoPulse® Reanimationssystem Modell 100 Bedienerhandbuch. In:ZOLL
2. Anonymous (2011) LUCAS™2 - Thoraxkompressions-System Bedienungsanleitung. In:Jolife AB, p 100666-100602 B
3. Anonymous (2006) LUCAS™ - Thoraxkompressions-System Bedienungsanleitung. In:Jolife AB, p 100359-100351 B
4. Bertrand C, Hemery F, Carli P et al. (2006) Constant flow insufflation of oxygen as the sole mode of ventilation during out-of-hospital cardiac arrest. Intensive care medicine 32:843-851
5. Bobrow BJ, Spaite DW, Berg RA et al. (2010) Chest compression-only cpr by lay rescuers and survival from out-of-hospital cardiac arrest. JAMA : the journal of the American Medical Association 304:1447-1454
6. Bobrow BJ, Vadeboncoeur TF, Stolz U et al. (2013) The Influence of Scenario-Based Training and Real-Time Audiovisual Feedback on Out-of-Hospital Cardiopulmonary Resuscitation Quality and Survival From Out-of-Hospital Cardiac Arrest. Annals of emergency medicine 62:47-56 e41
7. Brochard L, Boussignac G, Dubois Rande JL et al. (1990) Cardiopulmonary resuscitation without a ventilator using a novel endotracheal tube in a human. Anesthesiology 72:389

8. Brooks SC, Bigham BL, Morrison LJ (2011) Mechanical versus manual chest compressions for cardiac arrest. Cochrane database of systematic reviews (Online):CD007260
9. Brooks SC, Hassan N, Bigham B et al. (2014) Mechanical versus manual chest compressions for cardiac arrest (Review). The Cochrane Collaboration:1-47
10. Cave DM, Gazmuri RJ, Otto CW et al. (2010) Part 7: CPR techniques and devices: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. Circulation 122:S720-728
11. Deakin CD, Nolan JP, Soar J et al. (2010) Erweiterte Reanimationsmaßnahmen für Erwachsene („advanced life support“). Notfall + Rettungsmedizin 13:559-620
12. Dickinson ET, Verdile VP, Schneider RM et al. (1998) Effectiveness of mechanical versus manual chest compressions in out-of-hospital cardiac arrest resuscitation: a pilot study. The American journal of emergency medicine 16:289-292
13. Diepenseifen C, Heister U, Schewe JC (2011) Kardiopulmonale Reanimation (CPR). Der Notarzt 27:209-215
14. Fischer M, Breil M, Ihli M et al. (2014) [Mechanical resuscitation assist devices]. Der Anaesthetist 63:186-197
15. Fox J, Fiechter R, Gerstl P et al. (2013) Mechanical versus manual chest compression CPR under ground ambulance transport conditions. Acute cardiac care 15:1-6

16. Gates S, Smith JL, Ong GJ et al. (2012) Effectiveness of the LUCAS device for mechanical chest compression after cardiac arrest: systematic review of experimental, observational and animal studies. *Heart (British Cardiac Society)* 98:908-913
17. Hallstrom A, Rea TD, Sayre MR et al. (2006) Manual chest compression vs use of an automated chest compression device during resuscitation following out-of-hospital cardiac arrest: a randomized trial. *JAMA : the journal of the American Medical Association* 295:2620-2628
18. Halperin H, Tsitlik J, Gelfand M et al. (1993) A preliminary study of cardiopulmonary resuscitation by circumferential compression of the chest with use of a pneumatic vest *The New England journal of medicine* 329:762-768
19. Halperin HR, Paradis N, Ornato JP et al. (2004) Cardiopulmonary resuscitation with a novel chest compression device in a porcine model of cardiac arrest: improved hemodynamics and mechanisms. *Journal of the American College of Cardiology* 44:2214-2220
20. Hohnhaus M (2012) Auswirkung struktureller Unterschiede in den Krankenhäusern auf das Überleben von Patienten mit außerklinischem Herzkreislaufstillstand im Rettungsdienstbereich München zwischen 2007-2009. . In: *Chirurgischen Klinik und Poliklinik (Campus Innenstadt) Ludwig-Maximilians-Universität München, München*, p 51
21. Lu XG, Kang X, Gong DB (2010) The clinical efficacy of Thumper modal 1007 cardiopulmonary resuscitation: a prospective randomized control trial. *Zhongguo Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue* 22:496-497

22. Nichol G, Thomas E, Callaway CW et al. (2008) Regional variation in out-of-hospital cardiac arrest incidence and outcome. *JAMA : the journal of the American Medical Association* 300:1423-1431
23. Omori K, Sato S, Sumi Y et al. (2013) The analysis of efficacy for AutoPulse system in flying helicopter. *Resuscitation*
24. Ong ME, Mackey KE, Zhang ZC et al. (2012) Mechanical CPR devices compared to manual CPR during out-of-hospital cardiac arrest and ambulance transport: a systematic review. *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine* 20:39
25. Ong ME, Ornato JP, Edwards DP et al. (2006) Use of an automated, load-distributing band chest compression device for out-of-hospital cardiac arrest resuscitation. *JAMA : the journal of the American Medical Association* 295:2629-2637
26. Ong ME, Quah JL, Annathurai A et al. (2013) Improving the quality of cardiopulmonary resuscitation by training dedicated cardiac arrest teams incorporating a mechanical load-distributing device at the emergency department. *Resuscitation* 84:508-514
27. Perkins GD, Lall R, Quinn T et al. (2014) Mechanical versus manual chest compression for out-of-hospital cardiac arrest (PARAMEDIC): a pragmatic, cluster randomised controlled trial. *The Lancet*
28. Putzer G, Braun P, Zimmermann A et al. (2013) LUCAS compared to manual cardiopulmonary resuscitation is more effective during helicopter rescue-a prospective, randomized, cross-over manikin study. *The American journal of emergency medicine* 31:384-389

29. Rubertsson S, Lindgren E, Smekal D et al. (2014) Mechanical chest compressions and simultaneous defibrillation vs conventional cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest: the LINC randomized trial. JAMA : the journal of the American Medical Association 311:53-61
30. Smekal D, Johansson J, Huzevka T et al. (2011) A pilot study of mechanical chest compressions with the LUCAS device in cardiopulmonary resuscitation. Resuscitation 82:702-706
31. Soar J, Nolan JP (2014) Manual chest compressions for cardiac arrest--with or without mechanical CPR? Resuscitation 85:705-706
32. Steen S, Liao Q, Pierre L et al. (2004) Continuous intratracheal insufflation of oxygen improves the efficacy of mechanical chest compression-active decompression CPR. Resuscitation 62:219-227
33. Vilz TO, Schewe JC, Kalff JC et al. (2014) Leberruptur nach Herz-Kreislauf-Stillstand und Einsatz einer mechanischen Reanimationshilfe. Notfall + Rettungsmedizin 17:229-232
34. Wang S, Wu JY, Li CS (2012) Load-distributing band improves ventilation and hemodynamics during resuscitation in a porcine model of prolonged cardiac arrest. Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine 20:59
35. Westfall M, Krantz S, Mullin C et al. (2013) Mechanical Versus Manual Chest Compressions in Out-of-Hospital Cardiac Arrest: A Meta-Analysis*. Critical care medicine 41:1782-1789

36. Wik L, Olsen JA, Persse D et al. (2014) Manual vs. integrated automatic load-distributing band CPR with equal survival after out of hospital cardiac arrest. The randomized CIRC trial. Resuscitation

7 Eidesstattliche Versicherung

Ich erkläre hiermit an Eidesstatt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

Der Stellenwert mechanischer Thoraxkompressionsgeräte im Rahmen der präklinischen cardio-pulmonalen Reanimation und deren Verbreitung und Anwendung im bayerischen Rettungsdienst

selbstständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft und Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, den 22. April 2015

(Johannes Luxen)

8 Danksagung

Ich möchte mich besonders bei Herrn Prof. Dr. Karl-Georg Kanz für die Betreuung und Unterstützung während der Entstehung dieser Arbeit bedanken.

Darüber hinaus gilt ein besonderer Dank der AG Medizintechnische Ausstattung der ÄLRD-Bayern, die mich durch ihren Auftrag zur wissenschaftlichen Recherche über den Nutzen mechanischer Thoraxkompressionsgeräte in der Präklinik bezüglich vor einer möglichen Anschaffung für den bayerischen Rettungsdienst zu dieser Arbeit inspiriert haben.

Ebenso möchte ich Herrn Dr. Thorsten Kohlmann danken, der mir als promovierter Mitbetreuer unterstützend zur Seite stand.

Ein weiterer großer Dank gilt meinen Kollegen Dr. Heiko Trentzsch und Dr. Bert Urban, die durch Ihre unermüdliche Unterstützung und ihr geduldiges Korrekturlesen die Veröffentlichung Teile der Daten dieser Arbeit in der Fachzeitschrift „Notfall- und Rettungsmedizin“ mit ermöglicht haben.

Ein großer Dank geht nicht zuletzt an meine Eltern, die mich während meines Studiums und darüber hinaus immer unterstützt haben und im Hintergrund viel Motivation gegeben haben.

Vielen Dank!